

## 明 細 書

### 穴開け加工装置および穴開け加工方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、被加工物を超音波等の振動により穴開け加工する穴開け加工装置および穴開け加工方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] 従来、被加工物に対する穴開けは、プレス加工や放電加工により行われている。ところが、プレス加工では穴の精度が悪く、放電加工においてはコストが掛かるといった問題がある。そこで、高精度で安価な穴開けを行うことが可能なものとして、超音波振動による超音波加工が知られている。
- [0003] 超音波振動を用いて穴開けを行う場合、例えば特許文献1に記載のように、超音波振動子ユニットに工具を直接装着し、工具に対して連続的に超音波振動を与えながら加工を行う。また、特許文献1には、超音波振動子ユニットに垂直精度良く工具を取り付けることによって、極微小径の超音波穴開け加工を可能にすることが記載されている。

- [0004] 特許文献1:特開平7-136818号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献1に記載のように超音波振動子に工具を直接取り付けただけのものでは、工具の進行方向に縦波の超音波振動を印加しているものの、工具の進行速度に対して連続的に入力される振動が速すぎるため、どうしても工具に対して横波の振動が入ってしまう。そのため、この横波の振動を受けた工具がぶれて、空けた穴の側壁に触れてしまい、穴の側壁の表面を荒らすことになる。
- [0006] そこで、本発明においては、高精度な穴開け加工を行うことを可能とした穴開け加工装置および穴開け加工方法を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0007] 本発明の穴開け加工装置は、穴開け工具と、この穴開け工具の進行方向を制限す

るガイドと、穴開け工具に振動を印加して跳ね飛ばすための振動体と、穴開け工具を所定位置に浮動保持するとともに所定位置から変位した場合に少なくとも振動体に接触する位置まで戻すための復元力を発生する浮動保持部材とを備えたものである。なお、本発明において穴開けとは、打ち抜き加工によって形成する貫通孔だけでなく、押し出し加工によって形成する有底の止まり穴を含むものとする。

[0008] 振動体としては、超音波振動子により発生する超音波を収束させ、その先端から超音波振動を発生する超音波ホーン、圧電素子や電歪素子の急速変形に伴う慣性力を利用して微小振動を発生する圧電アクチュエータや、ハンマーでパンチを叩き、慣性を利用してハンマーの打撃力をパンチを介して伝える、いわゆるハンマーパンチなどの間接打撃工具によって繰り返し打撃を加えるもの等を利用することができる。

[0009] 本発明の穴開け加工装置によれば、所定位置に浮動保持された穴開け工具が、振動体からの振動の印加により跳ね飛ばされて振動体から離れ、ガイドによってその進行方向を制限されて、被加工物へ衝突する。このとき、穴開け工具は、振動体から離れているため、その進行方向に振動しており、衝突した被加工物に対して進行方向の力を加えて穴開け加工を行う。

[0010] また、被加工物へ衝突した穴開け工具は、浮動保持部材の復元力によって少なくとも振動体に当接する位置まで、例えば跳ね飛ばされる前の元の所定位置へ戻され、再度振動体からの振動の印加を受けて跳ね飛ばされる。すなわち、穴開け工具は、繰り返し振動体から離れて被加工物へ衝突するようになり、繰り返し被加工物を穴開け加工する。

[0011] ここで、本発明の穴開け加工装置は、振動体を穴開け工具側へ押し込む押込装置を備えたものであることが望ましい。この場合、穴開け工具は、被加工物側へ押し込まれながら振動体により振動が印加されて被加工物へ向けて跳ね飛ばされるので、被加工物までの到達距離が小さい。そのため、穴開け工具は、前述の場合よりも小さな振幅で振動体と被加工物との間を往復運動しながら、徐々に被加工物を穴開け加工する。

## 発明の効果

[0012] 本発明によれば、進行方向を制限するガイド内に穴開け工具を所定位置に浮動保

持し、穴開け工具に振動体により振動を印加して被加工物へ向けて跳ね飛ばし、穴開け工具を被加工物へ衝突させ、所定位置から変位した穴開け工具を少なくとも振動体に接触する位置まで戻すことにより、被加工物に対して穴開け工具により進行方向に振動を入力して穴開け加工を行うことができるため、穴開け工具の進行方向以外のぶれが防止され、高精度な穴開け加工を行うことが可能となる。

- [0013] また、穴開け工具を被加工物側へ押し込みながら跳ね飛ばすことにより、穴開け工具の被加工物までの到達距離が小さくなり、小さな振幅で振動体と被加工物との間を往復運動しながら、徐々に被加工物を穴開け加工するので、その先端にかかる衝撃力が軽減される。これにより、穴開け工具の寿命を延ばすことが可能となる。

#### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の実施の形態における穴開け加工装置を示す概略断面図である。

[図2A]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図2B]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図2C]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図2D]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図2E]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図2F]図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。

[図3A]パンチとワークとの接触部を拡大した図であって、有底の止まり穴を形成する場合の穴開け加工工程を示す図である。

[図3B]パンチとワークとの接触部を拡大した図であって、有底の止まり穴を形成する場合の穴開け加工工程を示す図である。

[図4A]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

[図4B]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

[図4C]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

[図4D]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

[図4E]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

[図4F]押込装置による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

#### 符号の説明

- [0015] 1 超音波ホーン  
2 パンチ  
2a 頭部  
2b 加工部  
2c 胴体軸部  
3 ガイドブッシュ  
3a, 3b ガイド穴  
4 弾性体  
5 ダイス  
5a 穴開け用穴  
6 押込装置

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 図1は本発明の実施の形態における穴開け加工装置を示す概略断面図、図2A～Fは図1の穴開け加工装置による穴開け加工工程を示す図である。
- [0017] 図1に示すように、本実施形態における穴開け加工装置は、振動体としての超音波ホーン1と、被加工物としてのワークWを穴開け加工する穴開け工具としてのパンチ2と、パンチ2の進行方向をガイドするガイドブッシュ3と、パンチ2をガイドブッシュ3に対して浮動状態で保持するための浮動保持部材としての弾性体4と、パンチ2と一対の穴開け工具としてのダイス5と、超音波ホーン1をダイス5側すなわちワークW側へ押し込む押込装置6とを備える。
- [0018] 超音波ホーン1は、超音波振動子(図示せず。)により発生する超音波を収束させ、その先端から超音波振動を発生するものである。超音波ホーン1とパンチ2とは固定されていない。そのため、超音波ホーン1によってパンチ2の後端部(頭部2a)に振動が印加されると、パンチ2は跳ね飛ばされ、超音波ホーン1から離れて進行する。
- [0019] パンチ2は、超音波ホーン1によって振動が印加される頭部2aと、ワークWに接触して穴開け加工を施す加工部2bと、頭部2aと加工部2bとを連結する胴体軸部2cとを有する。パンチ2は、その頭部2aとガイドブッシュ3との間に設けられた弾性体4によって所定位置(図2Aに示す位置)に浮動状態で保持されている。

- [0020] パンチ2の頭部2aは、図1に示すように超音波ホーン1との接触部が円弧状面となっている。超音波ホーン1とパンチ2とが平面同士で接触する場合、どちらかの面が少しでも傾いていると片当たりを起こし、パンチ2が真っ直ぐ下方へ打ち出されにくくなる。これに対し、パンチ2の頭部2aが円弧状面、より好ましくは球面となっていると、常にパンチ2の中心軸上に近い点でパンチ2の頭部2aと超音波ホーン1が接触するようになり、パンチ2が真っ直ぐに打ち出されやすくなる。また、パンチ2の加工部2aの先端部の断面形状は、円状、翼形状、四角形状、三角形状や楕円形状等、任意の形状とすることができる。
- [0021] 弾性体4は、少なくとも超音波ホーン1に接触する位置、例えば図2Aに示す所定位置への復元力を有するものであり、この復元力によって所定位置から変位したパンチ2を所定位置に戻すものである。弾性体4は、例えば、ばね(板ばね、コイルばね、ぜんまい、空気ばね、ゴム)、ダンパやこれらの組み合わせ等により構成される。
- [0022] ダイス5は、パンチ2とともにワークWを挟持するものである。ダイス5は、パンチ2の加工部2bに対応する穴開け用穴5aと、この穴開け用穴5aに接続されたテーパ状の穴5bとを有する。テーパ状の穴5bは、穴開け方向、すなわち穴開け用穴5aとの接続部からダイス5の下方(開放側)に向かって拡大する孔である。このテーパ状の穴5bによって、加工後に発生する抜き屑が下方へ容易に排出され、抜き屑が穴に詰まりにくくなる。
- [0023] ガイドブッシュ3は、パンチ2の進行方向を制限するため、パンチ2の頭部2aがその内側を摺動する筒状のガイド穴3aと、パンチ2の加工部2bがその内側を摺動する筒状のガイド穴3bとを有する。パンチ2は、これらのガイド穴3a、3bによって、その胴体軸部2cの軸方向以外の動作を制限される。なお、前述の弾性体4は、このガイド穴3aの下端とパンチ2の頭部2aとの間に設けられている。
- [0024] なお、パンチ2の頭部2a、胴体軸部2c、加工部2bおよびガイドブッシュ3のガイド穴3a、3bは、その径がパンチ2の穴開け方向に向かって縮径した段付き形状としている。最も直径の大きいパンチ2の頭部2aとガイド穴3aの部分で嵌め合いを調整し、加工部2bとガイド穴3bの部分に遊びを設けるためである。加工部2bとガイド穴3bの部分に遊びを設けるのは、加工中に加工部2bの先端が過剰な応力を受け、曲げや

座屈などの変形により破損しないようにするためである。

- [0025] また、弾性体4は、パンチ2の頭部2aと胴体軸部2cとの段差部分とガイド穴3a, 3bの段差部分との間に挟み込まれるかたちで保持されている。このような保持形態とすることによって、パンチ2を最も単純な構造で浮動保持することが可能となる。なお、図示しないが、ガイド穴3a, 3bの外側に弾性体を設けてパンチ2を浮動保持することも可能である。
- [0026] 上記構成の塑性加工装置において、超音波振動を発生している超音波ホーン1を、図2Aに示すようにパンチ2の頭部2aに当接させると、この超音波ホーン1からパンチ2へ超音波振動が印加され、パンチ2は超音波ホーン1から離れて、ワークWに向けて跳ね飛ばされる。このとき、パンチ2は、ガイドブッシュ3のガイド穴3a, 3bによってその頭部2aおよび加工部2bの軸方向以外の動作が制限されている。そのため、パンチ2は、左右に振られることなく、ワークWに向かって真っ直ぐ進行し、ワークWに達する。
- [0027] その後、パンチ2は、図2Bに示すように弾性体4の復元力によって、超音波ホーン1へ向けて跳ね戻され、図2Cに示すようにパンチ2の初期位置に戻る。そして、パンチ2は、再度超音波ホーン1から超音波振動の印加を受けて、ワークWに向けて跳ね飛ばされる。パンチ2は、図2Dに示すようにワークWに達すると、再度弾性力4の復元力によって超音波ホーン1へ向けて跳ね戻される。
- [0028] このようにパンチ2は、超音波ホーン1から離れてワークWへ衝突する動作を繰り返し行う(図2D, E参照。)。これにより、ワークWは、パンチ2から受ける繰り返し力によって高精度な穴開け加工が行われる(図2F参照。)
- [0029] なお、上記実施形態においては、穴開け加工として打ち抜き加工によって貫通孔を形成する例について説明したが、この穴開け加工装置を用いて押し出し加工することによって有底の止まり穴を形成することも可能である。図3Aおよび図3Bはパンチ2とワークWとの接触部を拡大した図であって、有底の止まり穴を形成する場合の穴開け加工工程を示している。
- [0030] 前述と同様に、超音波ホーン1により振動が印加され、図3Aに示すように跳ね飛ばされたパンチ2の加工部2bがワークWへ繰り返し衝突する動作を繰り返し、図3Bに

示すようにワークWをダイス5の穴開け用穴5aへ押し出していく。これにより、ワークWには、底Bを備えた有底の止まり穴Cが形成される。

[0031] なお、上記実施形態においては、穴開け加工時には押込装置6を駆動せず、超音波ホーン1の位置を固定した状態で穴開け加工を行った例であるが、穴開け加工時に、この押込装置6により超音波ホーン1をワークW側へ押し込みながら加工することも可能である。

[0032] 図4A～Fは押込装置6による押し込み動作を伴う穴開け加工工程を示す図である。

この場合、まず図4A、図4Bに示すように、押込装置6により超音波ホーン1およびパンチ2を、パンチ2の胴体軸部2cの先端がワークWの上面と接触するまで静的に押し込む。次に、押込装置6により押し込みながら、超音波ホーン1によりパンチ2へ超音波振動を印加する(図4C参照。)

[0033] このとき、パンチ2は、超音波ホーン1から離れて、ワークWに向けて跳ね飛ばされ、弾性体4の復元力によって、超音波ホーン1へ向けて跳ね戻され、超音波ホーン1と接触する。パンチ2は、この動作を繰り返してワークWへの高精度な穴開け加工を行う(図4D、図4E、図4F参照。)が、パンチ2は押込装置6によりワークW側へ押し込まれながら跳ね飛ばされているので、ワークWまでの到達距離が小さい。

[0034] したがって、パンチ2は小さな振幅で超音波ホーン1とワークWとの間を往復運動しながら、徐々にワークWを穴開け加工することになる。これにより、パンチ2の先端にかかる衝撃力が軽減されるので、パンチ2の寿命を延ばすことができる。ワークWが、繊維材料、厚材、複合材料等の場合には、このように押込装置6により超音波ホーン1をワークW側へ押し込みながら加工することが望ましい。

[0035] なお、押込装置6による押し込み速度は、板厚(mm)×0.05～板厚(mm)×5(／秒)程度、つまり板厚1mmの場合、0.05～5mm／秒が最も望ましい。また、超音波振動数は20～80kHz程度、最適な超音波振動数は40kHzである。また、超音波出力はワークWの素材によって大きく変化するが、50～1000W程度、例えば板厚0.5～1.0mmの鋼板では500～800W程度、板厚0.1mmの箔では200～400W程度が最適である。

### 産業上の利用可能性

[0036] 本発明は、超音波等の振動を利用して被加工物の穴開け加工を行う装置および方法として有用であり、特に高精度な穴開け加工に好適である。



## 請求の範囲

- [1] 穴開け工具と、  
この穴開け工具の進行方向を制限するガイドと、  
前記穴開け工具に振動を印加して跳ね飛ばすための振動体と、  
前記穴開け工具を所定位置に浮動保持するとともに前記所定位置から変位した場合に少なくとも前記振動体に接触する位置まで戻すための復元力を発生する浮動保持部材と  
を備えた穴開け加工装置。
- [2] 前記浮動保持部材は、前記穴開け加工工具を前記所定位置から変位した場合に前記所定位置に戻すものである請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [3] 前記振動体を前記穴開け工具側へ押し込む押込装置を備えた請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [4] 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記振動を繰り返し印加するものである請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [5] 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記振動を繰り返し印加するものである請求の範囲2記載の穴開け加工装置。
- [6] 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記振動を繰り返し印加するものである請求の範囲3記載の穴開け加工装置。
- [7] 進行方向を制限するガイド内に穴開け工具を所定位置に浮動保持し、  
前記穴開け工具に振動体により振動を印加して被加工物へ向けて跳ね飛ばし、  
前記穴開け工具を前記被加工物へ衝突させ、  
前記所定位置から変位した前記穴開け工具を少なくとも前記振動体に接触する位置まで戻す  
ことにより前記被加工物を穴開け加工する穴開け加工方法。
- [8] 前記所定位置から変位した前記穴開け工具を前記所定位置に戻すことを特徴とする請求の範囲7記載の穴開け加工方法。
- [9] 前記穴開け工具に振動体により振動を印加して被加工物へ向けて跳ね飛ばす際、  
前記穴開け工具を前記被加工物側へ押し込みながら跳ね飛ばすことを特徴とする

請求の範囲7記載の穴開け加工方法。

- [10] 前記穴開け工具に対して前記振動体により前記振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲7記載の穴開け加工方法。
- [11] 前記穴開け工具に対して前記振動体により前記振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲8記載の穴開け加工方法。
- [12] 前記穴開け工具に対して前記振動体により前記振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲9記載の穴開け加工方法。

## 補正書の請求の範囲

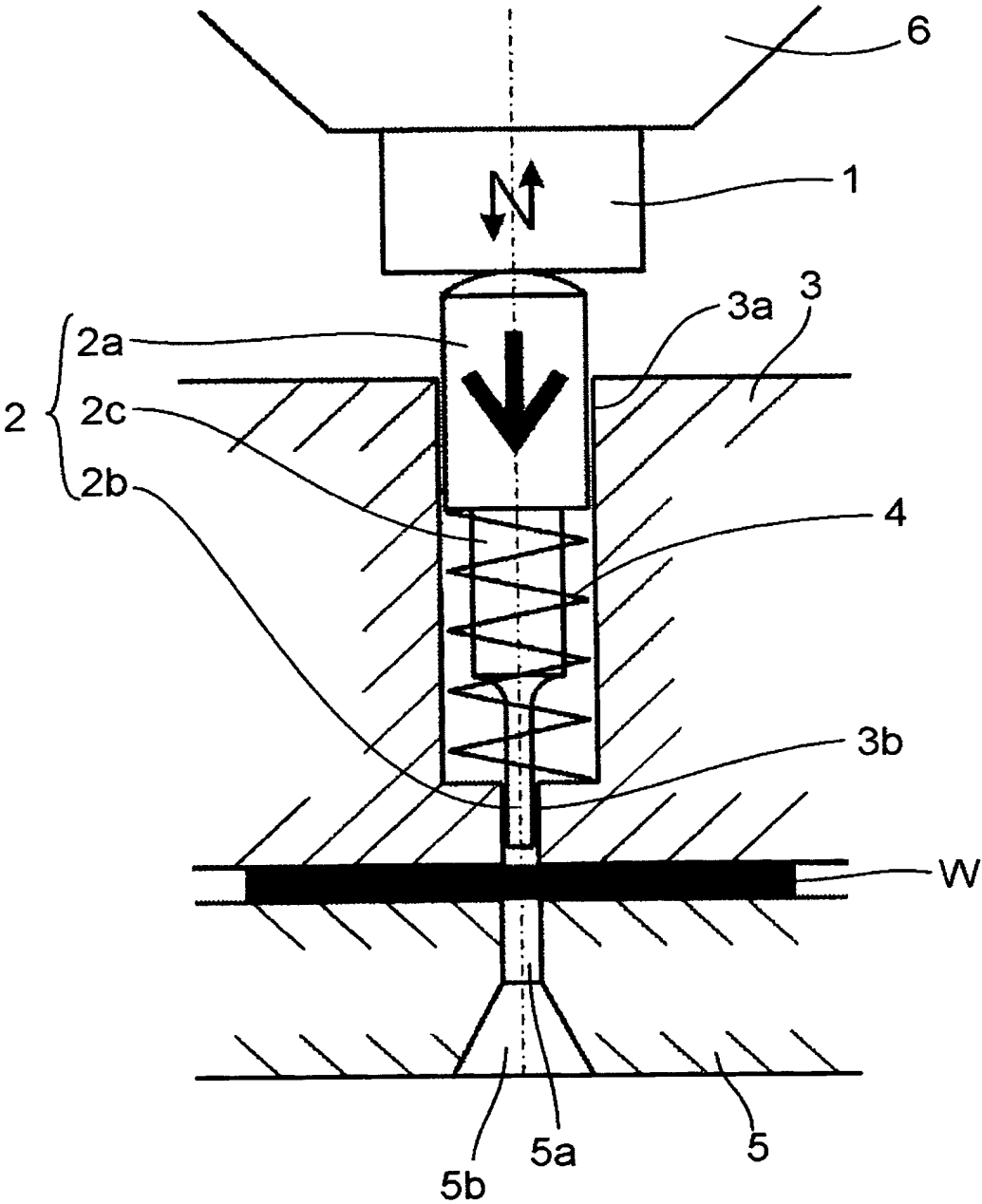
補正書の請求の範囲 [2005年3月17日(17.03.05) 国際事務局受理: 出願当初の請求の範囲1、4-7及び9-12は補正された; 他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

- [1] (補正後) 穴開け工具と、  
この穴開け工具の進行方向を制限するガイドと、  
前記穴開け工具に超音波振動を印加して跳ね飛ばすための振動体と、  
前記穴開け工具を所定位置に浮動保持するとともに前記所定位置から変位した場合に少なくとも前記振動体に接触する位置まで戻すための復元力を発生する浮動保持部材と  
を備えた穴開け加工装置。
- [2] 前記浮動保持部材は、前記穴開け加工工具を前記所定位置から変位した場合に前記所定位置に戻すものである請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [3] 前記振動体を前記穴開け工具側へ押し込む押込装置を備えた請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [4] (補正後) 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記超音波振動を繰り返し印加するものである請求の範囲1記載の穴開け加工装置。
- [5] (補正後) 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記超音波振動を繰り返し印加するものである請求の範囲2記載の穴開け加工装置。
- [6] (補正後) 前記振動体は、前記穴開け工具に対して前記超音波振動を繰り返し印加するものである請求の範囲3記載の穴開け加工装置。
- [7] (補正後) 進行方向を制限するガイド内に穴開け工具を所定位置に浮動保持し、  
前記穴開け工具に振動体により超音波振動を印加して被加工物へ向けて跳ね飛ばし、  
前記穴開け工具を前記被加工物へ衝突させ、  
前記所定位置から変位した前記穴開け工具を少なくとも前記振動体に接触する位置まで戻す  
ことにより前記被加工物を穴開け加工する穴開け加工方法。
- [8] 前記所定位置から変位した前記穴開け工具を前記所定位置に戻すことを特徴とする請求の範囲7記載の穴開け加工方法。
- [9] (補正後) 前記穴開け工具に振動体により超音波振動を印加して被加工物へ向け

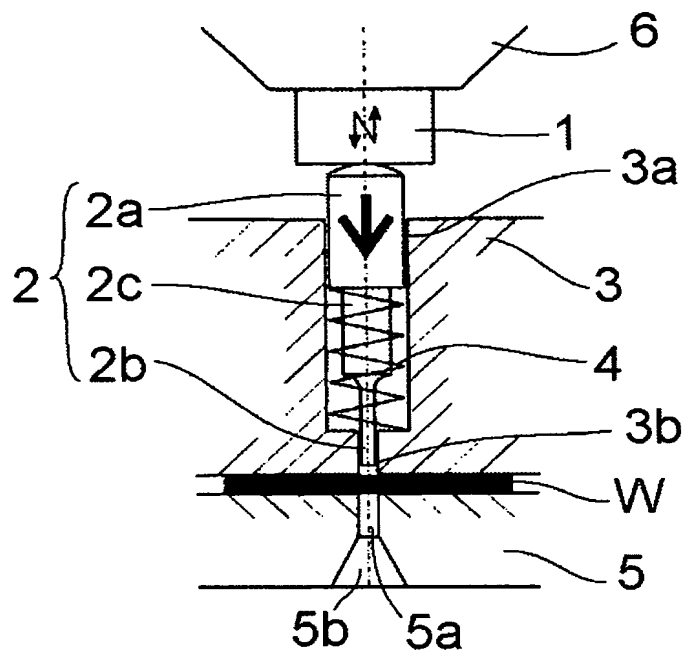
て跳ね飛ばす際、前記穴開け工具を前記被加工物側へ押し込みながら跳ね飛ばすことを特徴とする請求の範囲7記載の穴開け加工方法。

- [10]     (補正後)前記穴開け工具に対して前記振動体により前記超音波振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲7記載の穴開け加工方法。
- [11]     (補正後)前記穴開け工具に対して前記振動体により前記超音波振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲8記載の穴開け加工方法。
- [12]     (補正後)前記穴開け工具に対して前記振動体により前記超音波振動を繰り返し印加することを特徴とする請求の範囲9記載の穴開け加工方法。

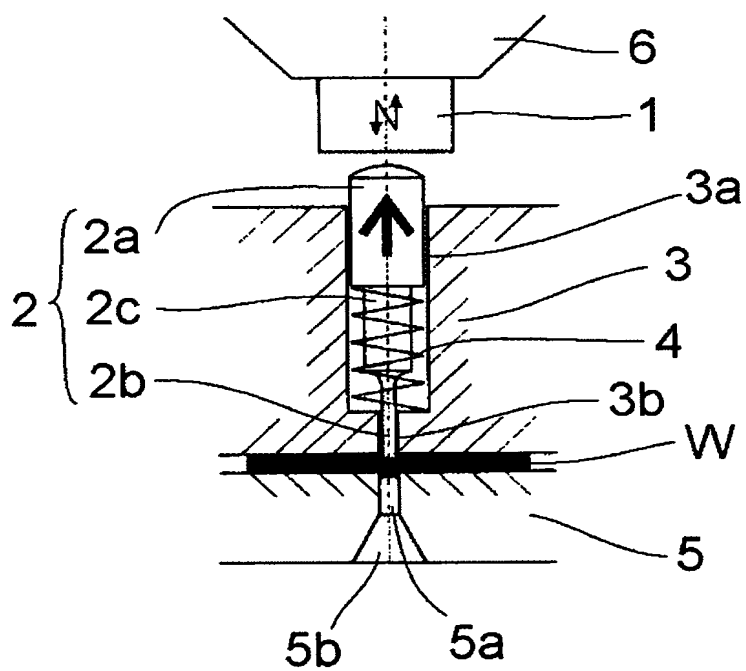
[図1]



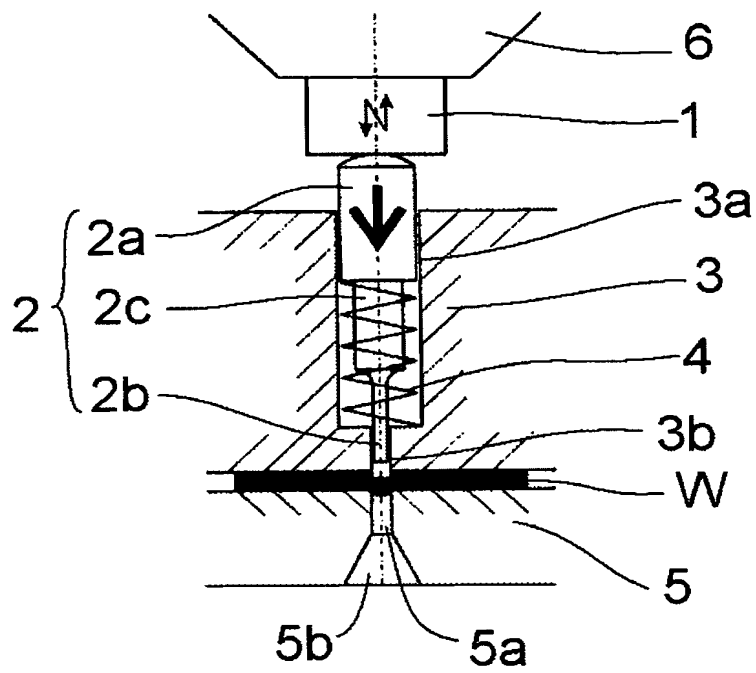
[図2A]



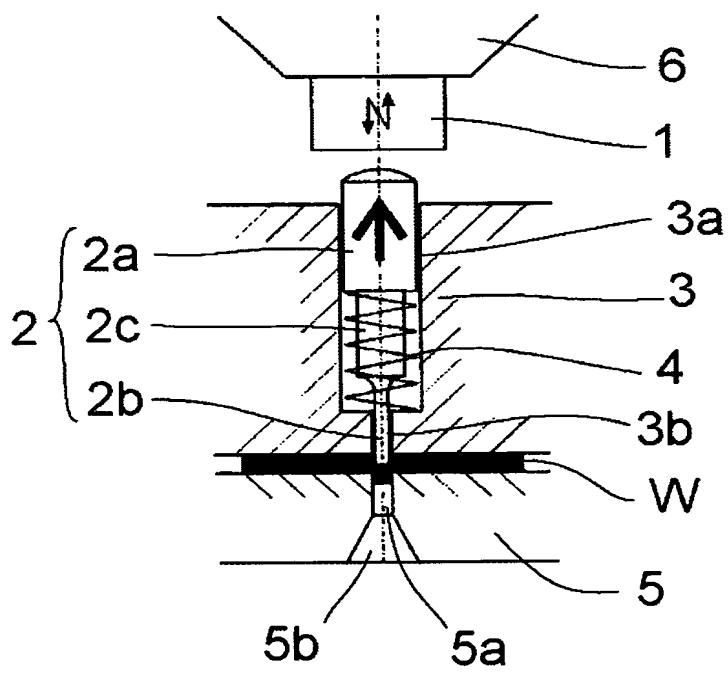
[図2B]



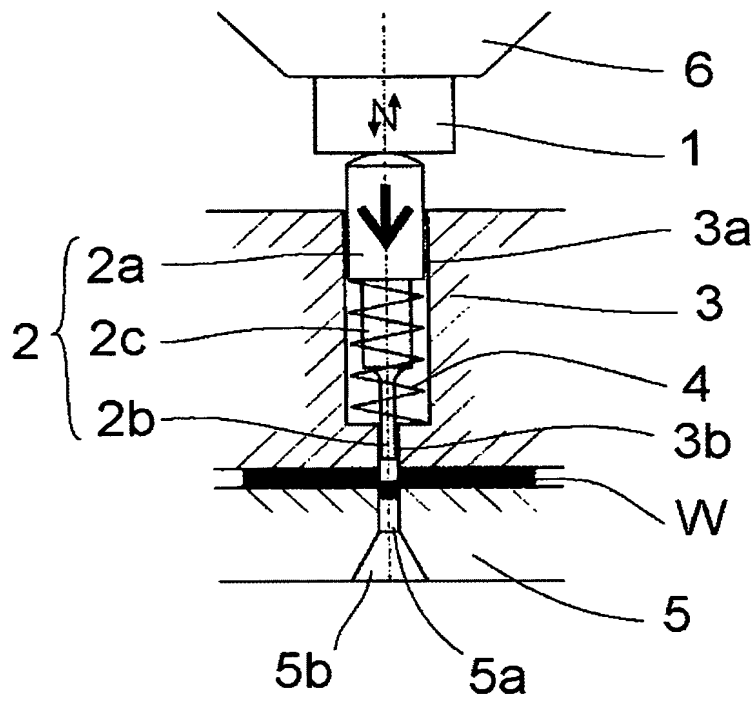
[図2C]



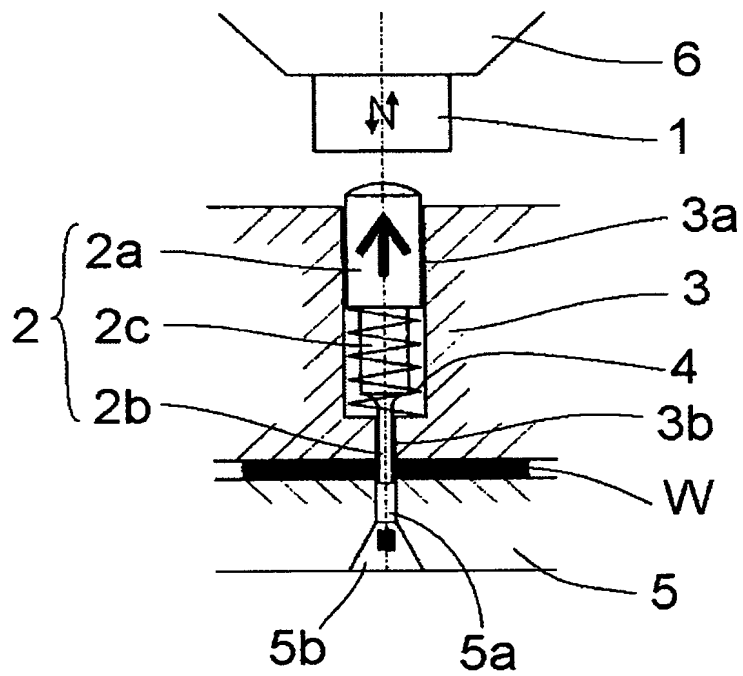
[図2D]



[図2E]

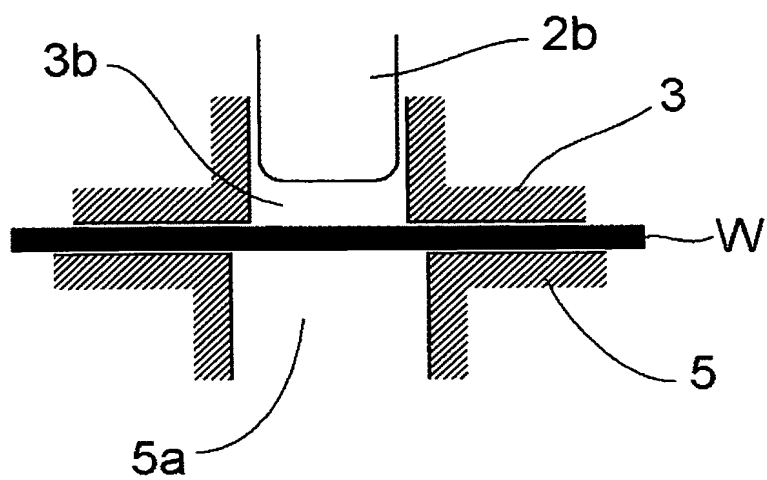


[図2F]

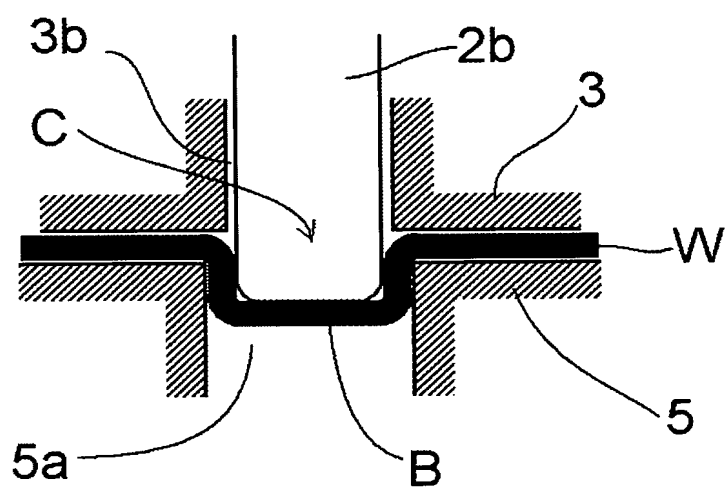




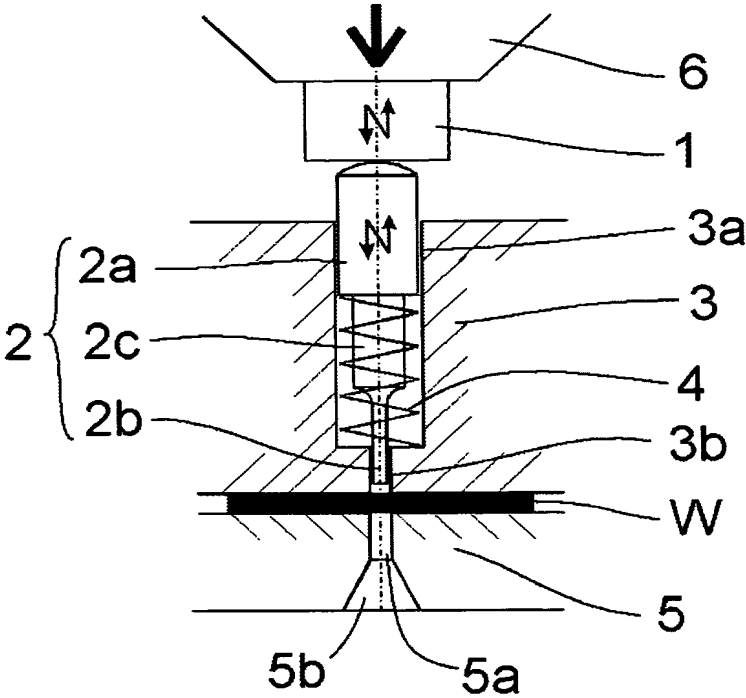
[図3A]



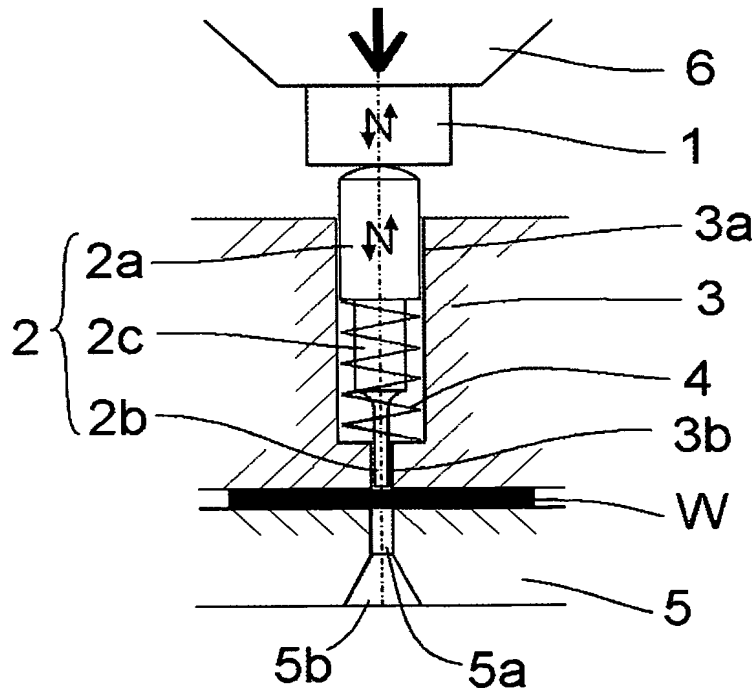
[図3B]



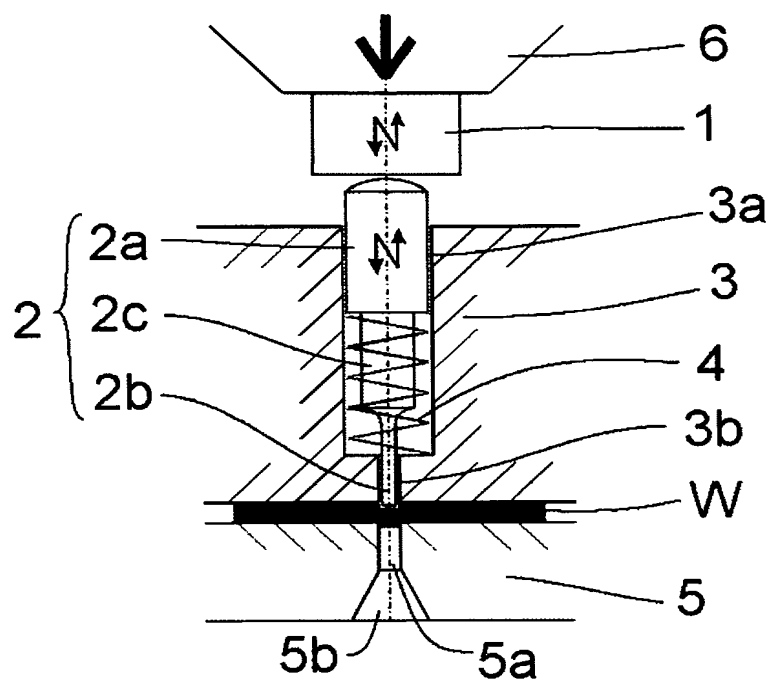
[図4A]



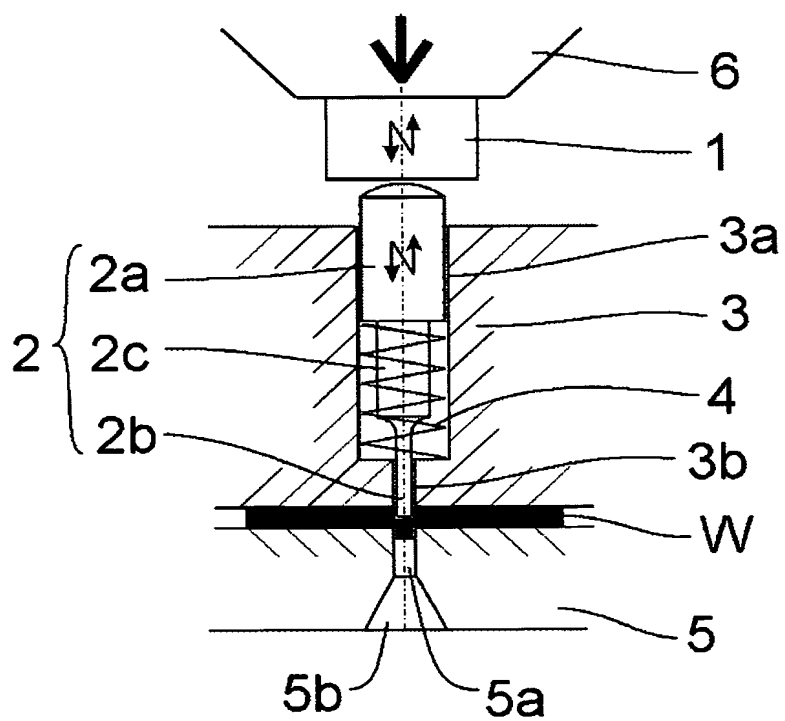
[図4B]



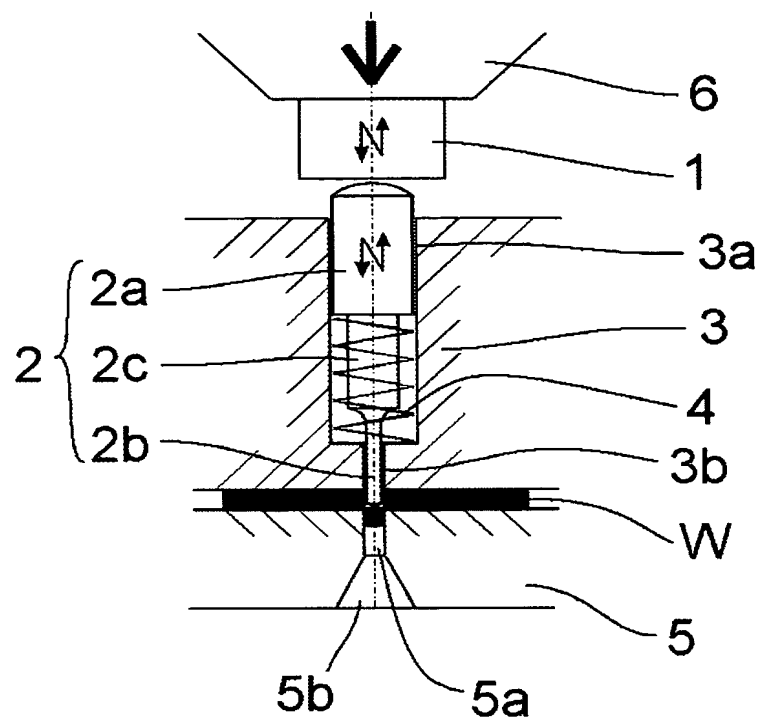
[図4C]



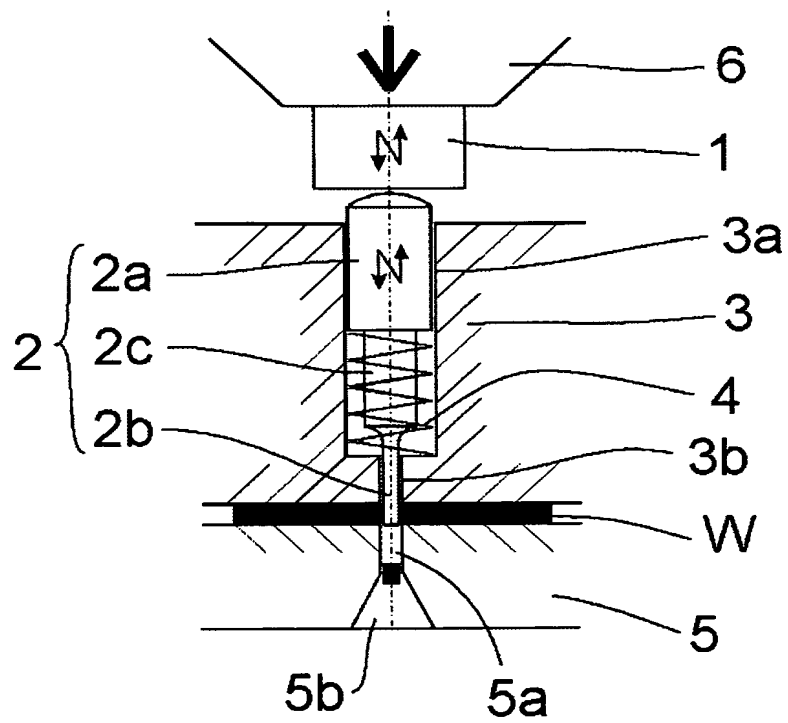
[図4D]



[図4E]



[図4F]



VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て(規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v)) 氏名(姓名)	本国際出願 に関し、 株式会社産学連携機構九州 は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。
VIII-5-1(i)	開示の種類:	刊行物
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2004年 05月 21日 (21.05.2004)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	日本塑性加工学会、日本機械学会 平成16年度塑性加工春季講演会講演論文集 第75～78頁
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	
VIII-5-1(v)	本申立ては、次の指定国のためになされたものである。:	すべての指定国